IN REGALO LA BASETTA DEL: CONTAGIRI PER AUTO

N. 45 MARZO '89
L. 5.000-Frs. 7,50

fare ELETTRONICA

Realizzazioni pratiche • TV Service • Radiantistica • Computer hardware

Taxe Percue (Tassa Riscossa) Milano Ferr. Corr.

STEREO METER

REALIZZAZIONI PRATICHE

Strobo per studio fotografico

Induttanzimetro

COMPUTER HARDWARE

Microcomputer M65

User Port per Amstrad

IN COLLABORAZIONE CON ETI ELECTRONICS TODAY INTERNATIONAL

Spedizione in Abb. Post. Gruppo III/70

RADIANTISTICA

Satellite made in Italy

TV SERVICE

Loewe C7000

INDUTTANZIMETRO A QUARZO

di F. Pipitone

Lo strumento che vi presentiamo in questo articolo è un misuratore di induttanze con base dei tempi a quarzo, e lettura digitale su tre display LED.
E' noto che la misura dei valori dinamici dei componenti deve essere eseguita in corrente alternata. Infatti la prima differenza che si riscontra rispetto i sistemi tradizionali è la sostituzione di una sorgente di tensione continua, con una sorgente di tensione alternata di frequenza fissa (circa 1 kHz). La frequenza di 1000 Hz è stata scelta in quanto costituisce il riferimento standard per varie grandezze in bassa frequenza, come per esempio l'impedenza delle bobine degli altoparlanti. Ciò non toglie che i valori delle induttanze misurati saranno validi per qualsiasi frequenza. Tale costanza non vale però per i coefficienti di bontà, per cui è stato inutile dare una scala, ma ci siamo limitati a fornire una regolazione non tarata atta ad equilibrare la parte resistiva o reale dell'induttanza a garanzia di una migliore esattezza della misura della parte reattiva od immaginaria. Per la misura esatta del coefficiente di bontà esistono appositi strumenti, i Qmetri, che eseguono la misura all'effettiva frequenza alla quale la bobina dovrà funzionare. Infatti il Q o coefficiente di bontà o di smorzamento dipende da troppi elementi connessi alla costruzione della bobina, che non permettono l'estrapolazione esatta per valori di frequenze diversi da quella di misura.
In linea di massa i tecnici possono trovare qualche difficoltà soltanto nel misurare dei valori di capacità o di resistenza molto piccoli oppure molto elevati; ma quando si tratta di misurare delle induttanze, specialmente se impiegano dei ponti universali di tipo corrente, non di rado vengono a trovarsi in serio imbarazzo.

Ciò è dovuto al fatto che in pratica le induttanze sono impure. Infatti i resistori sono quasi sempre di natura semplice, intendendo con ciò che misurando il componente con due strumenti diversi, aventi la stessa sensibilità, il risultato è sempre lo stesso, salvo il caso in cui si siano verificate, nel tempo intercorso fra le due misure, sensibili variazioni di temperatura, in più o in meno. I condensatori, a loro volta, se si escludono gli elettrolitici di qualità inferiore, hanno caratteristiche secondarie che influenzano

ben poco il valore misurato. Per contro quasi tutte le induttanze presentano una diversa resistenza significativa alle frequenze acustiche, fenomeno che può dipendere tanto dalle perdite che si riscontrano nel rame, cioè in relazione alla resistenza dell'avvolgimento, quanto alle perdite del nucleo che in effetti modificano notevolmente la resistenza apparente tramite l'assorbimento di energia in presenza di corrente alternata. Una eccezione a questa regola è data dalle bobine realizzate per scopi particolari e che hanno un Q molto elevato, come ad esempio le induttanze di filtro in cui sono impiegati dei nuclei a ferrite.
Ciò è dovuto al fatto che questo tipo di nuclei hanno una permeabilità talmente elevata che l resistenza effettiva è molto minore delle induttanze comuni e pertanto l'effetto dovuto alle loro impurità è trascurabile. Di fronte alle induttanze impure occorre pertanto eseguire una doppia misura simultanea, la quale è sempre causa di difficoltà, poiché non esiste una relazione specifica fra resistenza e induttanza.
Si definisce come non lineare, l'induttanza per la quale, se si traccia il diagramma della corrente in funzione del variare della tensione, a frequenza costante, anziché una linea retta se ne ottiene una curva. A questo proposito occorre tenere presente che nel grafico relativo a una induttanza tipica, la retta si trasforma in una curva anche nel caso in cui si fa variare una frequenza, mantenendo

costante la tensione oppure aggiungendo una componente in corrente continua che vari nel tempo, ferme restando le altre condizioni.
Mentre le induttanze ad aria in linea di massima sono molto lineari, almeno fino ad un valore di frequenza oltrepassando il quale l'effetto della capacità di-

Figura 1: Schema elettrico del circuito di misura.

stribuita è significativo, le induttanze a nucleo magnetico lo sono molto meno. Questa non linearità è dovuta al modo complesso con cui varia il magnetismo della struttura cristallina del materiale con il variare del campo magnetico; essa è comunque presente a qualsiasi valore di frequenza. Tali condizioni di non linearità hanno tendenza a diminuire quando il circuito lavora in aria, cioè con traferro, oppure con una sostanza legante non magnetica, come avviene per l'appunto nel caso dei nuclei in polvere. La non linearità di un'induttanza è pertanto un fattore di importanza fondamentale per cui, quando un tecnico od

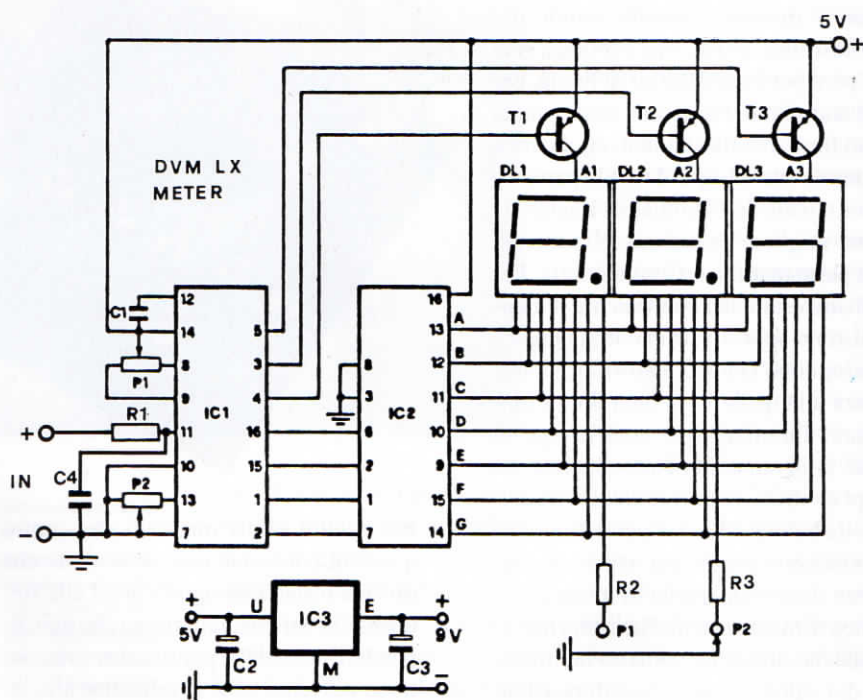
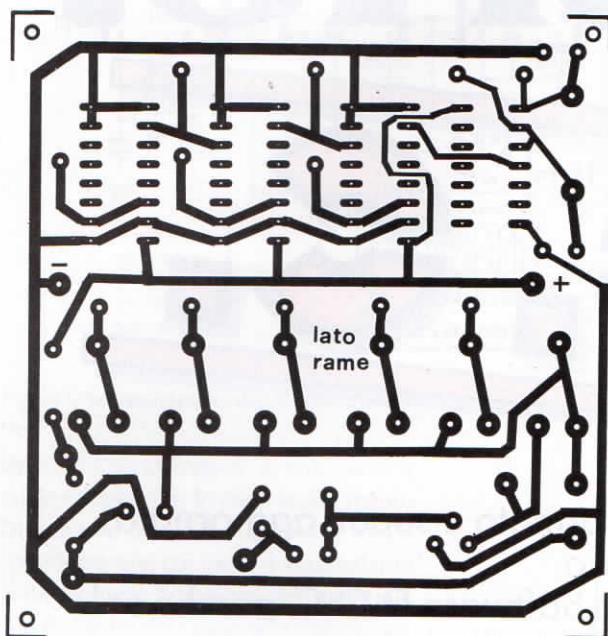



Figura 2: Schema elettrico del circuito lettore e visualizzatore.

un costruttore non specificano dettagliatamente le condizioni in cui sono state eseguite le misure, si possono constatare notevoli discordanze fra i dati dichiarati a quelli rilevati con metodi differenti. Quando un'induttanza è inserita in un circuito la non linearità può dar luogo ad altri effetti. Se, ad esempio, si prende in considerazione un'induttanza impiegata in un filtro, può accadere che l'induttanza inserita nel circuito denunci un valore del tutto differente da quello che si era riscontrato in separata sede a causa dei diversi valori di corrente che circolano nel circuito stesso, come avviene nei filtri che sono impiegati per attenuare la distorsione armonica.
Può anche verificarsi che la distorsione di un circuito aumenti non a causa della non linearità del nucleo, cioè non in relazione al fattore Q, ma bensì in funzione del livello del segnale. E' un caso caratteristico della diafonia e della intermodulazione. Ci sono però dei casi in cui le condizioni di non linearità sono volutamente sfruttate.
Succede infatti nei modulatori a modulazione di frequenza nei quali viene fatta variare l'induttanza della bobina di sintonia ad alta frequenza e quindi la frequenza istantanea sovrapponendo al campo ad alta frequenza un campo magnetico ad audiofrequenza ed un campo in corrente continua. Sullo stesso principio si basano molti dei sistemi di sintonia a distanza dei radioricevitori. In questo caso l'induttanza è controllata tramite la corrente continua che attraversa una bobina ausiliaria avvolta sulla bobina ad alta frequenza. Da quanto si è detto sopra risulta evidente che le condizioni di misura delle induttanze debbano essere controllate con dei nuclei magnetici. Talvolta le caratteristiche delle induttanze sono espresse in maniera così ap-

prossimativa e vaga che per eseguire la loro misura si utilizza un ponte qualsiasi considerando il valore ottenuto come il valore effettivo di impiego.

Circuito di misura

In Figura 1 viene illustrato lo schema elettrico del circuito di misura. Come si nota è molto semplice e non si tratta di un circuito a ponte ma di un circuito ad "Auto-Induzione". La corrente che passa attraverso la bobina viene periodicamente interrotta in modo da poterne misurare la tensione di autoinduzione. Per fare ciò si applica uno dei segnali d onda quadra proveniente dal generatore di frequenze campione a quarzo formato dai circuiti integrati IC1 - IC2 - IC3 - IC4 alla base del transistore TR1.

Lo strumento va alimentato a pile con due alimentazioni separate rispettivamente di +12 Vcc, per la sezione base e di +5 Vcc per il lettore digitale.

Lettore digitale

Il secondo schema riporta la sezione digitale dello strumento che è composta da tre circuiti integrati, da altrettanti display e da pochi altri componenti, come mostra la Figura 2.

Il circuito digitale impiegato nel nostro progetto non è altro che un comune voltmetro digitale a tre cifre, che fa uso della coppia di IC CA3161E/CA3162E.

Il principio di funzionamento già sfruttato per altri articoli di questa stessa rivista, è quello classico della doppia rampa. Il convertitore A/D è la parte essenziale degli indicatori digitali; l'unica eccezione è rappresentata dagli strumenti che misurano direttamente valori digitali. Un noto detto, afferma che un'intera catena non è più robusta del suo anello più debole, per cui le prestazioni di un indicatore sono usualmente determinate dalla precisione del convertitore A/D.

I circuiti dei convertitori A/D sono di per

Figura 3: Circuito stampato del modulo di misura visto dal lato rame in scala unitaria.

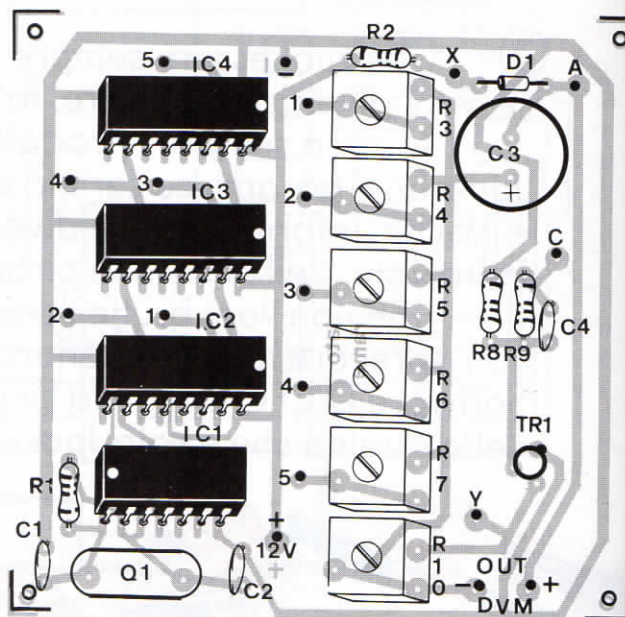
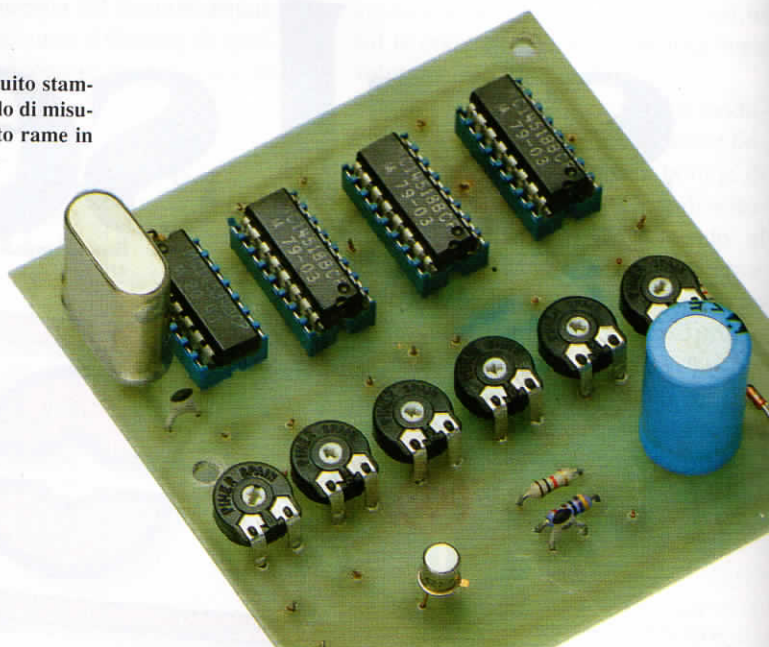



Figura 4: Disposizione dei componenti sulla basetta di misura. Fare attenzione al corretto orientamento dei circuiti integrati.

se complessi e ogni tentativo di realizzarli con dei componenti discreti, sarebbe al di fuori del pensabile. I circuiti integrati offrono la risposta esatta alle necessità, ed il numero degli IC previsti per questo impiego crescono continuamente. Siccome la tecnologia degli IC procede decisamente verso l'integrazione a larga scala (MSI e LSI), si è tentati di compiere un passo successivo: tutto in un blocco. Infatti, vi sono diversi strumenti digitali realizzati in un solo chip.

Il rapido decadimento dei prezzi, un prodotto al passo della tecnologia dei semiconduttori, sembra proprio che debba segnare la fine degli strumenti ad indice, tant'è vero che attualmente un indicatore digitale, costa meno del suo equivalente analogico. Da qualche tempo, sono stati introdotti nel mercato diversi IC, che eseguono tutte le funzioni richieste

lato rame

Figura 5: Circuito stampato del lettore visto dal lato rame in scala naturale.

da un misuratore digitale universale, sono dispositivi economici, entrati prepotentemente sul mercato per un abbattimento dei prezzi veramente notevole. Uno di questi IC, è il CA3162E costruito dalla RCA. Tale circuito integrato, accetta un ingresso analogico (in tensione) ed eroga un valore equivalente sottoforma di combinazione a tre cifre in codice BCD multiplexato. L'IC è previsto per lavorare in unione con un decoder-driver BCD e con sistemi a sette segmenti, ovvero il CA3161E.

Occorrono ben poche altre parti, per realizzare un misuratore universale digitale, che supera in prestazioni qualunque indicatore ad indice di tipo tradizionale.

L'unico svantaggio, nei confronti degli strumenti ad indice, è che questo tipo di misuratore deve essere alimentato. Il CA3161E è un convertitore pilota da BCD a sette segmenti, studiato per lavorare in unione con il CA3162E.

Gli ingressi sono TTL compatibili e l'uscita per i segmenti prevede un sistema di "buffer". I "buffer" (separatori/amplificatori) d'uscita, fungono da intensificatori della corrente, ed in tal modo il sistema display a led a sette segmenti, può essere collegato direttamente all'IC, senza che vi sia alcuna necessità di inserire dei resistori di limitazione di corrente. Il CA3162E contiene un convertitore tensione/corrente, un generatore della corrente di riferimento, il rivelatore di soglia e l'oscillatore a 780 kHz.

Il contatore invia in uscita le tre cifre in sequenza (lavoro in multiplex), in sincronismo al circuito interno "abilitatore della cifra" (digit enable) il quale manda bassa l'uscita relativa alla cifra da presentare.

Il circuito non è altro che il voltmetro digitale appena citato, che misura la caduta di tensione sulla resistenza R1. IC1 è stato progettato per lavorare con tensioni continue d'ingresso.

L'ingresso analogico è applicato all'integrato converter A/D. Le uscite BCD di IC1 sono connesse ai rispettivi ingressi di IC2, che è il decoder pilota da BCD a sette segmenti. Le uscite di quest'altro IC sono connesse direttamente ai segmenti corrispondenti dei tre display, mentre le linee che selezionano le tre cifre partono dai terminali 3, 4 e 5 di IC1. Sono queste che attivano il display giusto al momento giusto del ciclo multiplexer, attraverso i transistori T1, T2 e T3. I display DL1, DL2 e DL3 sono ad

anodo comune. Nel nostro caso abbiamo scelto i display della Siemens del tipo HA1141G di colore verde che offrono una maggiore luminosità, ma nessuno vieta di montare equivalenti. L'integrato IC3, è un regolatore di tensione a 5 V, e serve ad alimentare l'intero amperometro.

Montaggio pratico

Il montaggio dello strumento risulta molto semplice, infatti basta fare riferimento alla Figura 3 e alla Figura 4 per quanto concerne il circuito stampato in scala 1:1 e la disposizione dei componenti del circuito di misura. Come prima cosa sistemare tutti i componenti e cioè i resistori, i trimmer, i diodi e il transistore TR1. Saldate quindi gli zoccoli che alloggeranno gli integrati IC1, IC2 e IC2, IC4, ed infine il quarzo Q1 da 1 MHz. Le Figure 5 e 6 illustrano rispettivamente il circuito stampato a grandezza naturale e la disposizione pratica dei componenti del circuito visualizzatore. Anche per questo apparecchio, come per tutti gli altri che impiegano circuiti stampati dalle tracce accostate e semiconduttori piuttosto elaborati, si deve impiegare per l'assemblaggio, un saldatore di bassa potenza (25/30 W) munito di punta sottile e degli zoccoli per gli IC.

Figura 6: Disposizione dei componenti sulla basetta del lettore. Eseguire per primi i ponticelli presenti sotto IC1 e IC2.

Superata la fase di montaggio, lo strumento deve necessariamente essere esaminato con grandissima cura; avviene infatti che gli sperimentatori alle prime armi, riescano a completare strumenti "difficili" senza incontrare problemi perché, essendo un pò timorosi, eseguono ciascuna operazione con somma cura, mentre tecnici "con manico" si trovino nei guai perché, forti della loro esperienza, non curano i dettagli. Qualunque sia l'esperienza di chi opera, consigliamo di ricontrollare il tutto, accertandosi di non aver commesso errori, dopodiché si potrà passare tranquillamente alla fase di taratura.

Taratura

L'operazione di messa a punto risulta abbastanza semplice, in quanto i punti di taratura sono soltanto due. Come prima cosa, alimentate lo strumento con due pile piatte da 4,5 V, poi regolate il trimmer multigiri P1 da 50 kΩ, fino a leggere sui tre display a led l cifra "000". Inviate tra la massa e l'ingresso di R1 una tensione campione di 100 mV, regolate quindi il trimmer P2 fino a leggere 99,9 mV. Superata questa fase collegate l'uscita del modulo di misura all'ingresso del voltmetro digitale e cioè tra il negativo e R1. Selezionate la portata 100 µH e collegate alle boccole d'ingresso dello strumento una induttanza campione di 47 µH, regolate il trimmer corrispondente alla portata fino a leggere sui tre display 47,1 µH. Superata questa fase, passate alle portate successive utilizzando delle induttanze campioni rispettivamente di 470 µH, 4,7 mH e 47 mH, ripetendo l'operazione di taratura regolando i rispettivi trimmers, fino a leggere sul display rispettivamente: 470, µH 4.70, mH 47.0, mH 0,47 H.

ELENCO DEI COMPONENTI

Circuito di misura

R1	: resistore da 1 MΩ
R2	: resistore da 820 kΩ
R3-4-5 6-7	: trimmer da 5 kΩ
R8	: resistore da 4,7 kΩ
R9	: resistore da 1 kΩ
R10	: trimmer da 500 Ω
R11	: resistore da 1,2 kΩ
C1-2	: cond. cermici da 22 pF
C3	: cond. elettr. da 1000 µF 16 Vl
C4	: cond. ceramico da 10 pF
D1	: 1N4148
TR1	: BSX20
IC1	: CD4069
IC2-3-4	: CD4518
Q1	: quarzo da 1 MHz
CM	: commutatore rotativo 2 vie 6 posizioni

Lettore digitale

Tutti i resistori sono da 1/4 W 5%

R1	: resistore da 470 kΩ
R2-3	: resistori da 150 Ω
P1	: trimmer da 50 kΩ multigiri
P2	: trimmer da 10 kΩ multigiri
C1	: cond. ceramico da 270 nF
C2	: cond. elettr. da 4,7 µF 16 Vl
C4	: cond. ceramico da 100 nF
T1-2-3	: transistori BC327
IC1	: CA3162E RCA
IC2	: CA3161E RCA
IC3	: MC7805
DL1-2-3	: display a led ad anodo comune (vedere testo)